

Использование многоканальной переносной виброизмерительной аппаратуры для диагностики агрегатов нефтехимического комплекса

Одна из наиболее важных на сегодняшний день задач любого производства – надежная и безопасная работа оборудования. От правильного ее решения зависят не только высокие экономические показатели предприятия, но, достаточно часто, здоровье и жизни многих людей. Особенно актуальна эта проблема для опасных непрерывных производств нефтегазовой отрасли и нефтехимических комплексов. Большое количество агрегатов, скрытый характер возникновения и развития неисправностей, накопленная за долгие годы работы усталость оборудования – нередко являются причинами аварийных ситуаций, которые сопровождаются значительными экономическими потерями и загрязнением окружающей среды. В этих условиях для правильной оценки работоспособности оборудования важно иметь как можно больше информации о его состоянии.

Решение подобной проблемы связано с внедрением методов неразрушающего контроля, которые обеспечивают получение достоверной информации о состоянии оборудования без нарушения производственного цикла. Наиболее простым и информативным параметром для комплексной оценки состояния агрегата является вибрация. В настоящее время существует большое количество виброизмерительной аппаратуры, начиная с простейших виброметров, заканчивая сложными виброанализаторами, которые позволяют измерять и анализировать различные вибрационные параметры. Однако в ряде случаев при решении задач комплексной диагностики сложных агрегатов их применение недостаточно эффективно. Для получения необходимой информации бывает важно провести исследование агрегата в моменты его пуска, нагружения или останова с одновременным контролем вибрации по нескольким точкам и последующим сравнением данных вибрации с режимными параметрами. Это достигается либо при многократных циклах пусков-остановов, что бывает сильно затруднено в виду трудоемкости данного процесса, либо при помощи многоканальной виброизмерительной аппаратуры. Ниже приведен пример диагностики центробежного компрессора BCL 30ба производства «Нуово пиньоне» (Флоренция, Италия), установленного в цехе Карбамид одного из химических предприятий, с использованием многоканального виброизмерительного блока UMS-16 (рис. 1).



Рис. 1. Многоканальный виброизмерительный блок UMS-16

На рис. 2 показано схематичное представление обследуемого агрегата с указанием измерительных точек. В ходе работ по выявлению и устранению повышенной вибрации центробежного компрессора было проведено первоначальное виброобследование агрегата на номинальном режиме. В рамках обследования по всем измерительным точкам, согласно рис. 2, в трех направлениях были получены и проанализированы различные параметры вибрации: спектры виброперемещения, виброскорости и виброускорения, спектры огибающей с различными 1/3-октавными фильтрами, формы сигналов, замеры пик-фактора, эксцесса и амплитуды-фазы. Для оценки состояния опорной системы агрегата были сняты контурные характеристики.

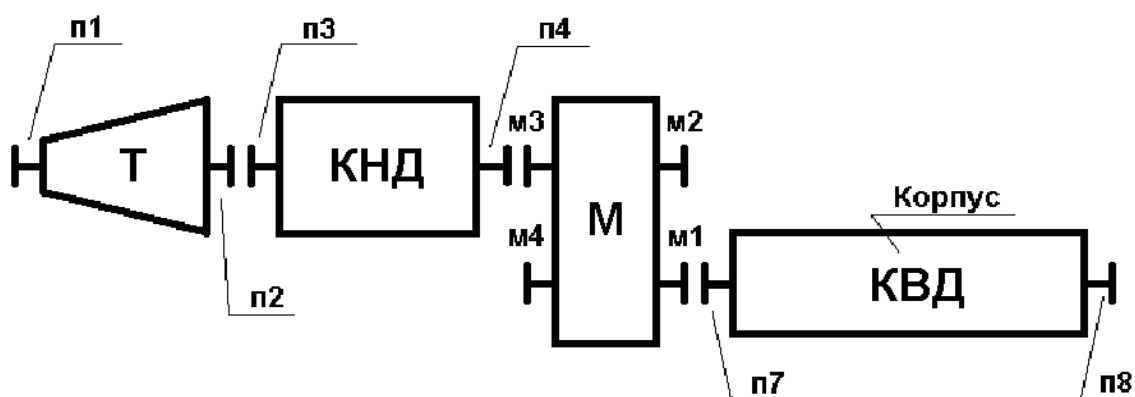


Рис. 2. Схематичное представление исследуемого компрессора с указанием измерительных точек (условные обозначения: Т - турбина, КНД - компрессор низкого давления, М - мультипликатор, КВД - компрессор высокого давления)

В результате проведенного обследования была выявлена максимальная вибрация компрессора в точках п7 и п8 в вертикальном направлении и мультипликатора в точках м1 и м2 в вертикальном направлении. На спектрах виброскорости этих подшипников наибольшую амплитуду имеет составляющая вибрации на частоте вращения компрессора высокого давления - 212,5 Гц. Наибольшая вибрация зафиксирована на подшипнике мультипликатора в точке м2 (амплитуда оборотной частоты составила 7,06 мм/сек). На рис. 3 приведен спектр виброскорости подшипника компрессора в точке п8 в вертикальном направлении в полосе частот от 10 до 1000 Гц.

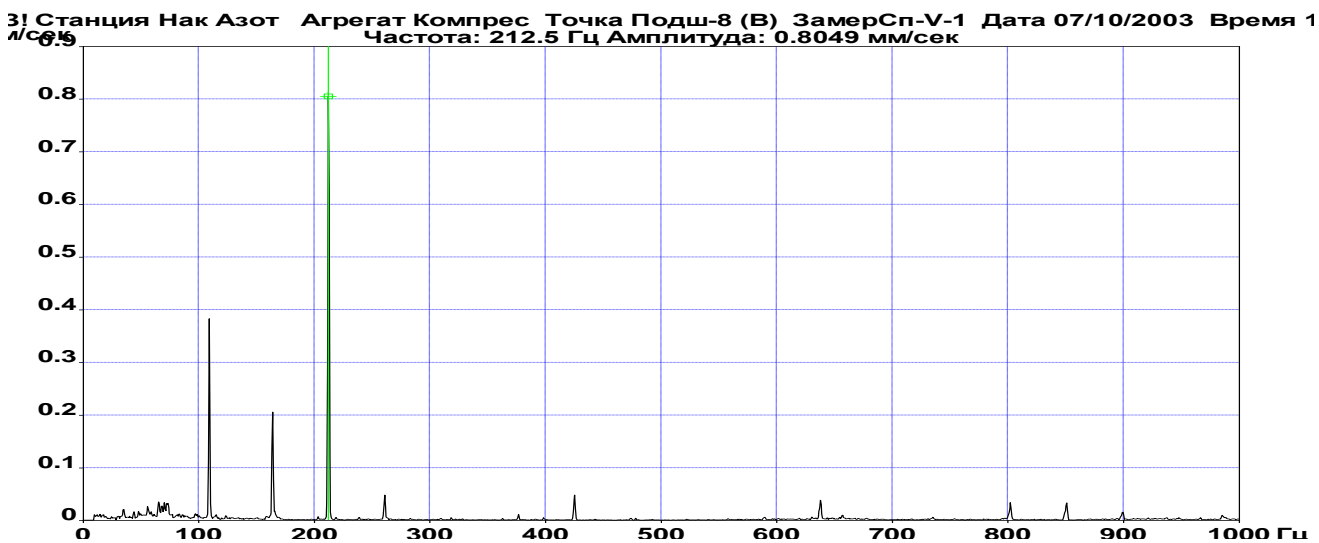


Рис. 3. Спектр виброскорости компрессора в точке п8 (вертикальное направление)

Проведенное виброобследование выявило высокий уровень вибрации подшипников компрессора высокого давления и мультипликатора в вертикальном направлении на частоте 212,5 Гц. Повышенная вибрация может быть вызвана дисбалансом ротора компрессора высокого давления, расцентровкой выходного вала мультипликатора и вала компрессора, ослаблением жесткости корпуса мультипликатора, смещением валов мультипликатора под воздействием нагрузки (оси валов становятся непараллельными), неправильной работой муфты. Для уточнения причин вибрации и определения объемов ремонтных мероприятий по ее снижению необходимо провести спектральный анализ в точках с повышенной вибрацией во время пуска и нагружения агрегата. Получение подобных измерений в необходимом объеме возможно лишь при использовании многоканальной аппаратуры с параллельным опросом всех каналов. В качестве средства измерения для решения задачи комплексной диагностики был выбран многоканальный блок UMS-16 производства НПО «ДИАТЕХ». Последующие обработка и анализ данных осуществлялись с применением программы SAFE PLANT.

В результате повторного виброобследования центробежного компрессора с использованием многоканальной аппаратуры были получены гармонические каскады спектров по 8-ми синхронным каналам на выбеге (с момента начала разгрузки агрегата до его останова), разгоне (с 300 об/мин до 11000 об/мин (25 атм.)) и при нагружении (с 25 до 130 атм.), получены гармонические спектры виброскорости по всем каналам при нагрузке 25 атм. и 130 атм.

В ходе анализа полученных вибрационных характеристик при разгоне, выбеге и нагружении был выявлен высокий уровень вибрации подшипников мультипликатора, так при выбеге агрегата вибрация на оборотной частоте в точке м1 выросла с 2,85 мм/сек на 12685 об/мин. до значения 5,71 мм/сек на 11900 об/мин. Окончательное снижение вибрации произошло лишь на 5680 об/мин. Аналогичная картина наблюдалась и на других подшипниках мультипликатора. Уровень вибрации подшипников компрессора также снизился скачкообразно в районе 5780 об/мин, так уровень составляющей вибрации на оборотной частоте в точке п8 упал с 0,41 мм/сек до 0,003 мм/сек. Наибольший уровень вибрации подшипников мультипликатора был зафиксирован на оборотной частоте. На подшипниках компрессора доминировали оборотная составляющая вибрации и ее субгармоника.

При разгоне компрессора наблюдалась аналогичная картина: резкий рост вибрации подшипников мультипликатора на оборотной частоте с 0,49 мм/сек до 2,66 мм/сек (при наборе оборотов от 5750 до 7830 об/мин.) в точке м1 и подшипников компрессора: с 0,05 мм/сек до 0,65 мм/сек – п7, и с 0,03 мм/сек до 0,68 мм/сек – п8. На спектрах виброскорости подшипников мультипликатора доминируют оборотная составляющая вибрации и ее гармоники, на подшипниках компрессора - оборотная составляющая вибрации и ее субгармоника.

В процессе последующего нагружения общий уровень вибрации подшипников мультипликатора и компрессора низкого давления практически не изменялся, а на подшипниках компрессора высокого давления произошел резкий рост общего уровня вибрации в полосе частот от 20 до 2000 Гц: за 64,5 сек (нагрузка - 80 атм.) в точке п7 вибрация выросла с 0,53 мм/сек до значения 1,21 мм/сек, а в точке п8 - с 0,87 мм/сек до 1,29 мм/сек. Наибольший рост вибрации был зафиксирован на частоте 50 Гц, так в точке п7 амплитуда составляющей вибрации на частоте 50 Гц выросла с 0,05 мм/сек до 0,95 мм/сек. На рис. 4 показан каскад спектров виброскорости в полосе до 1 кГц, полученный при нагружении компрессора на подшипнике в точке п8 в вертикальном направлении, а на рис. 5 тренд изменения общего уровня виброскорости этого подшипника за указанный отрезок времени.

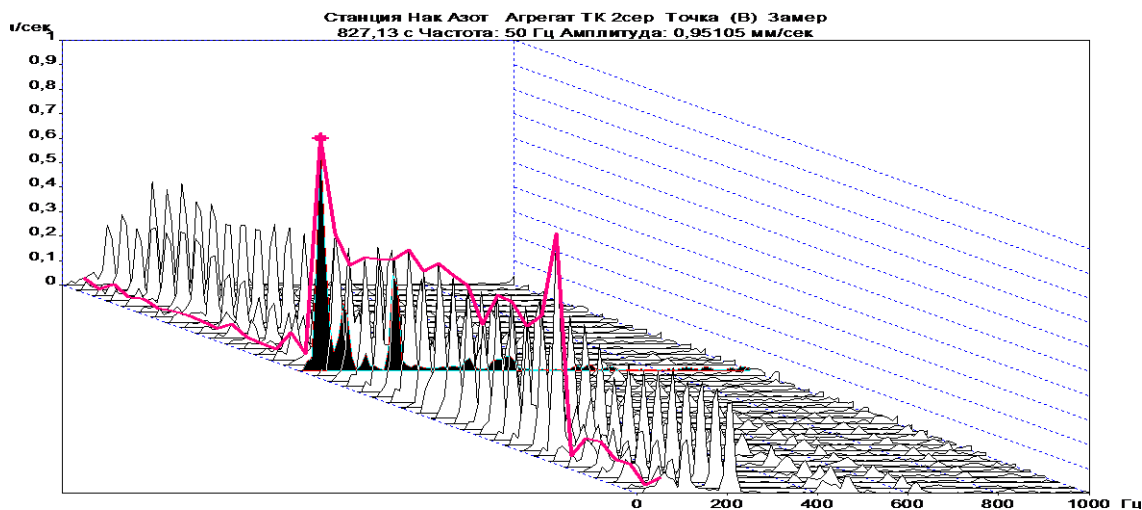


Рис. 4. Частотный каскад спектров в точке п8 при нагружении с линией курсора на 50 Гц

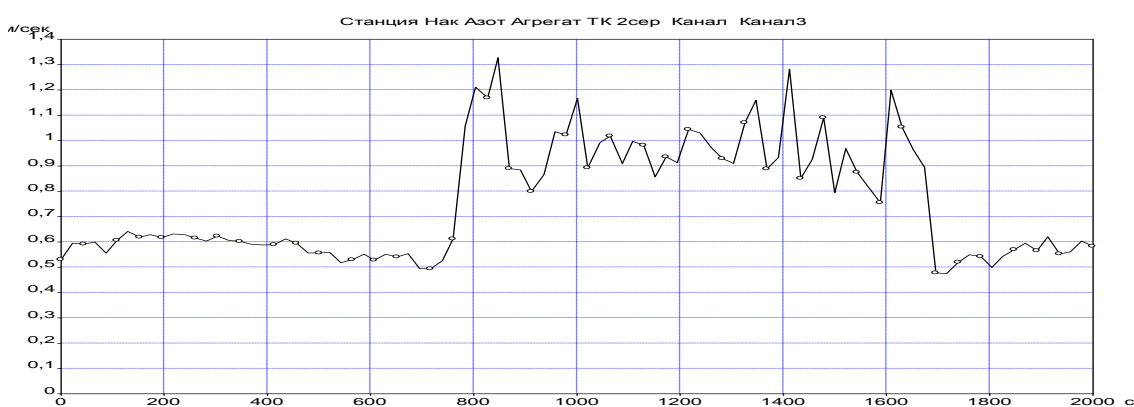


Рис. 5. Тренд изменения общего уровня вибрации в полосе частот 20-2000 Гц в точке п8

По результатам анализа данных, полученных во время комплексного виброобследования агрегата с использованием многоканальной виброизмерительной аппаратуры, были определены наиболее вероятные причины повышенной вибрации (дисбаланс ротора компрессора высокого давления и муфты) и составлен список рекомендуемых ремонтных мероприятий по снижению вибрации центробежного компрессора (увеличение жесткости корпуса мультипликатора, балансировка ротора и муфты на балансировочном станке). Во время планового ремонта была проведена балансировка ротора компрессора высокого давления и муфты с оправкой на резонансном балансировочном станке и установлены дополнительные ребра жесткости на корпусе мультипликатора. По окончании ремонта было выполнено заключительное вибрационное обследование, которое подтвердило правильность сделанных выводов и высокое качество выполнения ремонтных работ: уровень вибрации на подшипниках компрессора высокого давления и мультипликатора снизился, частотный состав вибрации остался без изменений.

Применение многоканального виброизмерительного блока UMS-16 позволило не только значительно упростить и ускорить проведение виброобследования и повысить достоверность результатов диагностики, но и значительно сократить сроки и объемы ремонтных работ. Использование переносной многоканальной виброизмерительной аппаратуры позволяет эффективно решать множество вопросов, связанных с диагностикой таких сложных агрегатов, как паровые и газовые турбины, турбокомпрессора и т.д., а, следовательно, и повышать надежность работы ответственного оборудования.